

**INGESTA DIETÉTICA Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE ELEMENTOS
TRAZA EN LA ALIMENTACIÓN INFANTIL**

Navarro Blasco I, Alvarez Galindo JI* y Villa Elízaga I***

* Dpto. de Química y Edafología. Fac. de Ciencias. Universidad de Navarra. Pamplona.

** Dpto. de Pediatría y Cirugía Pediátrica. Hospital General Universitario “Gregorio Marañón”. Madrid.

Nº de páginas: 33

Nº de tablas: 9

Enviar la correspondencia a:

Iñigo Navarro Blasco
Universidad de Navarra
Facultad de Ciencias.
Departamento de Química y Edafología.
31.080 Pamplona (Navarra)

Teléfono: 948 42 56 00
Fax: 948 42 56 49
Email: inavarro@unav.es

INGESTA DIETÉTICA Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE ELEMENTOS TRAZA EN LA ALIMENTACIÓN INFANTIL

Navarro Blasco I*, Alvarez Galindo JI* y Villa Elízaga I**

* Dpto. de Química y Edafología. Fac. de Ciencias. Universidad de Navarra. Pamplona.

** Dpto de Pediatría y Cirugía Pediátrica. Hospital General Universitario “Gregorio Marañón”. Madrid.

RESUMEN

La deficiencia de elementos traza durante el periodo neonatal tiene gran influencia en el desarrollo posterior del lactante. Las cantidades diariamente requeridas de oligoelementos son mínimas, proporcionadas por la leche humana o de fórmula, única fuente nutricional durante la etapa de lactancia exclusiva.

Los requerimientos de elementos traza son específicos para cada individuo. Considerando esta amplia variación interindividual, las recomendaciones dietéticas deben establecerse de una forma bastante amplia para cubrir las necesidades de la mayoría de la población. Por razones de ética, existen algunos datos que no pueden ser obtenidos de los lactantes en buen estado de salud sino por extrapolación de otros estudios, con todas las limitaciones inherentes a dicha deducción. La leche humana sirve de referencia en cuanto a los valores de elementos traza contenidos.

En este estudio se revisan los valores de ingesta dietética diaria de elementos traza esenciales (Fe, Zn, Cu, Mn y Se) y potencialmente tóxicos (Al, Pb y Cd) proporcionada por la leche materna y las fórmulas infantiles, comparándolos con los valores de ingesta recomendados por organismos competentes.

A pesar de los innumerables esfuerzos realizados por numerosos investigadores, permanecen existiendo discrepancias y desconocimiento en algunos aspectos relevantes de algunos elementos traza esenciales, manifestándose la gran necesidad de nuevos estudios relevantes con objeto de cubrir las necesidades nutricionales de elementos traza de todos los lactantes.

Palabras clave: Hierro, zinc, cobre, manganeso, selenio, aluminio, plomo, cadmio, leche humana, formulas infantiles, RDA.

1. Introducción.

La deficiencia de oligoelementos durante el periodo neonatal tiene una gran influencia en el desarrollo posterior de los lactantes. Esto es fácilmente justificable, ya que la infancia es uno de los periodos de la vida caracterizado por grandes requerimientos de nutrientes, por su rápido crecimiento, tolerancia limitada de nutrientes inapropiados, desarrollo inmaduro de funciones metabólicas y consumo de una única fuente de alimento (1).

Las cantidades diariamente requeridas de elementos traza son mínimas, por lo que habitualmente una dieta equilibrada es capaz de cubrir las necesidades. No obstante, es importante tener en cuenta que, durante la etapa de lactancia exclusiva, la leche humana o de fórmula es la única fuente nutricional de oligoelementos, ya que los suplementos habitualmente utilizados poseen, generalmente, concentraciones mínimas de oligoelementos (2).

2. Requerimientos nutricionales de elementos traza del lactante.

Es importante distinguir entre requerimientos absolutos y dietéticos. Los requerimientos absolutos son las cantidades diarias absorbidas para mantener las funciones biológicas dependientes de oligoelementos, a diferencia de los requerimientos dietéticos, que son las cantidades medias necesarias de un elemento que proporcionan los requerimientos absolutos (3). Estos dos requerimientos son idénticos en el hipotético caso de que un elemento se absorba completamente. Los requerimientos dietéticos son tan solo un poco mayores que los absolutos en los oligoelementos con alta biodisponibilidad, aunque pueden diferir en un factor de 10 o más en aquellos elementos con una pobre disponibilidad biológica.

Los requerimientos de elementos traza son específicos para cada individuo. Considerando la amplia variación interindividual, las recomendaciones dietéticas deben establecerse de una forma bastante amplia para cubrir las necesidades de la mayoría de la población (4).

Desafortunadamente, los datos sobre los requerimientos de la mayoría de los elementos traza, excepto quizás el hierro, no son todavía adecuados para establecer unos valores apropiados basados en un meticuloso análisis estadístico (3).

Se han utilizado varios criterios para establecer las recomendaciones dietéticas para nutrientes individuales. El primero es el que aplica teóricamente la información adecuada sobre requerimientos e ingesta, resultando un valor conseguido con mucha aproximación. De la mayoría de los elementos traza no existe la suficiente información sobre sus requerimientos como para poder usar aproximaciones científicas. El segundo método utilizado se basa en estudios de balance, midiendo la entrada y salida del elemento en el organismo (3). El uso de estos métodos, así como otros más sofisticados, como la determinación de la absorción real, conducen a estimaciones dependientes del estatus nutricional. Las poblaciones con un bajo estatus nutricional presentan unas pérdidas bajas de oligoelementos y, por tanto, unos más bajos requerimientos para compensar dichas pérdidas que las poblaciones con un estatus nutricional adecuado.

El método más apropiado, bajo estas circunstancias, es la determinación de las ingestas habituales de dichos nutrientes. La adquisición de un estatus nutricional adecuado en individuos sanos, con respecto al nutriente en cuestión, satisfecha por una ingesta habitual, puede ser aceptada y servir como base de una recomendación, sin necesidad de utilizar un factor de seguridad adicional añadido.

Las ingestas de oligoelementos por debajo de los valores recomendados no son necesariamente deficientes, pero aumenta el número de individuos de la población con riesgo de deficiencia. Un incremento por encima de los requerimientos no conlleva ningún efecto beneficioso conocido. Dicho exceso es apropiadamente metabolizado, se disminuye su absorción, se saturan las proteínas transportadoras, se incrementa la excreción y se induce a proteínas específicas para almacenar el exceso.

En estos casos, se han utilizado valores bastante amplios, basados en la evaluación de las ventajas y desventajas de una ingesta deficitaria o excesiva de los mismos. Por razones de ética, existen datos que no pueden ser obtenidos de lactantes humanos en buen estado de salud, sino por extrapolación de experiencias con animales, de estudios en niños prematuros y de estudios realizados en seres humanos con diversas patologías, con todas las limitaciones inherentes a dichas deducciones. La leche materna servirá de referencia en cuanto a los valores contenidos (5).

Durante las tres últimas décadas, la investigación básica en el campo de la nutrición humana con modelos de animales ha permitido el conocimiento de las funciones esenciales de un elevado número de elementos traza. Así, desde la

publicación de la primera edición de “Raciones dietéticas recomendadas” (Recommended Dietary Allowances, RDA) por el National Research Council en Estados Unidos en 1943, hasta su última edición en 1989 (6), son muchos los elementos traza que se han incorporado a esta lista (7) (Tabla 1).

Entre ellos, existen varios (hierro, zinc y cobre) que han sido ampliamente estudiados, estimándose sus intervalos de seguridad y de ingesta adecuada que satisfacen las necesidades globales del recién nacido (4). Sin embargo, existen otros elementos traza (selenio y manganeso), en los que si bien se han establecido estos requerimientos, han sido producto de una extrapolación de los valores dados para adultos, teniendo en cuenta el peso corporal y un factor arbitrario para el crecimiento.

Dichos requerimientos difieren de los propuestos en la última publicación por el Comité conjunto de la OMS/FAO/IAEA, que proporcionan mayor atención al cobre, iodo, selenio y zinc (Tabla 2), en decremento de otros elementos traza esenciales (8).

Este informe reconoce que la estimación de los requerimientos dietéticos tanto individuales como poblacionales, establecidos mediante los diferentes métodos de ingesta dietética no son suficientes por si mismo, siendo necesaria una mayor investigación de los balances metabólicos de elementos traza en el organismo humano, especialmente en los periodos críticos de vida.

Por último, actualmente, aún no se han establecido los valores tóxicos de otros elementos traza (aluminio, plomo y cadmio) que pueden plantear dificultades en la salud del lactante.

3. Ingesta diaria de oligoelementos proporcionada por la leche materna y las fórmulas infantiles. Comparación con los valores de ingesta recomendados.

Las ingestas diarias de los lactantes alimentados con leche materna o fórmulas infantiles pueden calcularse multiplicando la concentración del elemento en los distintos tipos de leche por la cantidad de leche ingerida al día (9).

En la tabla 3 se dan las ingestas diarias de los niños alimentados con leche materna (9); se comparan con aquellas recomendadas propuestas por la OMS (10) y por la National Academy of Science de Estados Unidos (NAS) (4, 6). Las cifras dadas deben considerarse como ingestas o tolerancias alimentarias recomendadas, cuando se

da una sola cifra, o como ingesta considerada inocua y adecuada, cuando se dan unos límites. También pueden verse, así mismo, las ingestas máximas admisibles establecidas por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (11-14).

Presionados por los resultados de las investigaciones que se están realizando al respecto, muchos gobiernos han comenzado a establecer las ingestas de oligoelementos recomendables en la alimentación normal y se está promoviendo, de un modo particular, la suplementación de las dietas para lactantes (5).

El empleo de las fórmulas infantiles se hace imprescindible en aquellos casos en que no sea posible la alimentación del lactante con leche materna, o en los que su suministro sea insuficiente. Estas fórmulas deberían contener los nutrientes necesarios, en las concentraciones apropiadas, a fin de cubrir los requerimientos nutricionales esenciales del lactante; y su composición debería implicar un margen de seguridad razonable, teniendo en cuenta su menor tolerancia en caso de enfermedad y los posibles errores derivados de su preparación (15).

El Comité de Expertos de la OMS (16) dio recomendaciones sobre el contenido de oligoelementos esenciales en las fórmulas lácteas infantiles, en función de las concentraciones encontradas en las leches humana y de vaca. En aquellos momentos, se trataba sobre todo de que quedasen satisfechas las necesidades nutricionales mínimas, pero hoy en día está también justificada la inquietud ante la posibilidad de que esos preparados contengan ciertos oligoelementos en concentraciones excesivas, no solo sobrepasando las necesidades nutricionales normales de los lactantes durante sus primeros meses de vida, sino planteando posibles problemas de toxicidad.

La tabla 4 (17) recoge las ingestas dietéticas de algunos elementos traza en leche materna y fórmulas infantiles, durante el tercer mes de vida. Los valores en fórmulas han sido calculados teóricamente a partir de los productos de fórmulas infantiles fabricados en Alemania.

Hoy día, muchos años después de la introducción de las llamadas “leches adaptadas”, hay una gran necesidad de mejorar las fórmulas infantiles actualmente comercializadas y crear otras. En relación a su composición, los preparados existentes tienen que desarrollarse más, a fin de que sean tan similares, como sea posible, a la

leche humana, no sólo en la composición global sino también en la eficacia nutricional y propiedades funcionales (18).

a) Hierro

La concentración de hierro en la leche materna madura es de 0,02-0,04 mg/100 mL (19). Sin embargo, a pesar de estas bajas concentraciones su biodisponibilidad es muy alta (49-70 %) (20).

El hierro almacenado durante el periodo fetal cubre los requerimientos de los lactantes a término durante los primeros meses de vida. La leche materna o fórmulas infantiles empleadas durante este periodo deben suministrar unos requerimientos de este elemento tales que sólo compensen las pérdidas, fundamentalmente derivadas del tracto gastrointestinal, de la piel y de la orina, calculadas en 0,2-0,3 mg/día (21).

Desde esta consideración, el aporte de hierro de la leche materna es suficiente, al menos en los primeros meses, y no existe justificación para la suplementación con hierro de las fórmulas para lactantes antes del tercer mes de vida, a no ser que estos sean pretérminos, en los cuales se recomienda dicha suplementación desde el nacimiento, comenzando a los 15 días de vida y no más tarde de los dos meses de edad (22, 23).

Los lactantes nacidos a término, alimentados desde su nacimiento con fórmulas que contienen 1,25 mg/100 mL de este elemento, no presentan una concentración de hierro sérico superior, a los dos meses de edad, que aquellos niños alimentados con fórmulas sin suplemento (24). A partir del tercer mes, la suplementación debe realizarse considerando que solo se absorbe entre un 10-20 % del hierro ingerido (25). Por ello, parece justificada una concentración en las fórmulas infantiles de inicio igual o superior a 0,7 mg/100 mL a partir del tercer mes.

Una concentración de 0,7-1,4 mg/100 mL en las fórmulas adaptadas de continuación es suficiente para asegurar los requerimientos desde los 6 á 12 meses de edad, suponiendo una ingesta de 500 mL/día y que el Beikost (alimentación complementaria) proporcione aproximadamente la mitad de la energía dietética. Además, el hierro procedente del Beikost, parte del cual está en forma hemínica, es más fácilmente absorbible (26).

La amplia variación en el contenido de hierro de las fórmulas infantiles refleja el hecho que algunos preparados son suplementados con hierro y otros no.

El nivel óptimo de fortificación de fórmulas es incierto, ya que los niños alimentados con fórmulas que contienen 1,2 mg/100 mL de hierro consiguen unos niveles normales de hemoglobina similares a los lactantes que ingieren una fórmula con 0,6 mg/100 mL (27).

Los altos niveles de este metal favorecen el crecimiento microbiano, ya que muchas bacterias y hongos necesitan del mismo para su metabolismo. Es posible que la ingesta de dichas fórmulas con altos niveles de hierro pueda comprometer la inmunidad nutricional y predisponga al lactante a infecciones, aunque, no existen pruebas que evidencien el efecto de la fortificación sobre la prevalencia a infecciones en los lactantes (28).

Considerando esta posible predisposición a infecciones y que los altos niveles de concentración de hierro pueden afectar la absorción de otros oligoelementos, se recomienda un límite máximo en las fórmulas infantiles de 2,1mg/100 mL, ya que niveles bajos de este elemento en fórmulas pueden ser igual de efectivos para prevenir la deficiencia de hierro en los lactantes (28).

En definitiva, las ingestas dietéticas recomendadas para los lactantes que son alimentados mediante lactancia artificial son de 1 mg/Kg de peso diario (4). Los requerimientos generales de hierro diarios para pretérminos se estiman en 2 mg/Kg (22), aunque se pueden desglosar en 0,5 mg/día para lactantes de 0-6 meses de edad y 0,9 mg/día para lactantes de 6 a 12 meses (29).

Para los lactantes a término de 6 meses de edad en adelante, la RDA se establece en 10 mg/día, no pudiéndose superar la cantidad máxima de 15 mg/día (4).

b) Zinc

La leche humana, que contiene una concentración media de 0,15 a 0,20 mg/100 mL de zinc (30), suministrando una ingesta media de 2mg/día (31), proporciona una cantidad suficiente de este oligoelemento, no habiéndose registrado signos de déficit en lactantes alimentados con ella. En base a esto, se considera unos requerimientos calculados de zinc para las fórmulas infantiles entre 1,2 y 1,8 mg/día,

teniendo en cuenta que, por lo general, solo se absorbe de un 20 a un 30 % del zinc ingerido (32).

Es comprensible la suplementación de las fórmulas a un mínimo de 0,32 mg/100 mL recomendada por la AAP (33) considerando que el requerimiento dietético de los lactantes alimentados mediante fórmulas infantiles es más alto debido a su menor biodisponibilidad (34); la posible inhibición de la absorción de zinc por el cobre y también por el calcio y el fósforo (25); el hecho de que el hígado no es un órgano de almacenamiento de este elemento, tal y como lo es para el cobre y el hierro, y la eficacia de la suplementación con zinc en el crecimiento de los lactantes varones (35).

La biodisponibilidad de las fórmulas de soja es un 20 % inferior a las fórmulas lácteas. Su mayor contenido en fitato causa una menor disponibilidad de zinc para su absorción y posibilita la fijación a diversas fibras dietéticas, inhibiendo su aprovechamiento por el organismo del lactante (34). Se recomienda un aporte mínimo de dichas fórmulas de 0,7-1,4 mg/100 mL.

Los estudios tradicionales de balance indican que la ingesta de 0,82 mg/Kg día de zinc es adecuada para alcanzar un balance positivo de todos los lactantes a término, incluidos los alimentados con fórmulas de soja (36).

Los requerimientos, necesarios para el crecimiento y para reemplazar las pérdidas endógenas desde la orina y sudor, se calculan en 0,8 mg/día en los primeros meses de vida, disminuyendo a 0,5 mg/día a los cuatro meses de edad (37). Las pérdidas fecales se han calculado en 0,075 mg/Kg día (36). Así que los requerimientos del lactante a término son de 0,2mg/100 mL, disminuyendo a 0,1 mg/100 mL en el cuarto mes de vida. Suponiendo una baja absorción del 20 %, el requerimiento más alto es de 0,88 mg/100 mL.

Considerando que algunas fórmulas americanas alcanzan concentraciones de 1,35 mg/100 mL (38) y que no se han publicado estudios que supongan signos de toxicidad, parece ser adecuado considerar un límite máximo en las fórmulas infantiles de 1mg/100 mL, ya que ingestas superiores pudieran incidir sobre la absorción de cobre (39).

Las fórmulas suplementadas con 0,58 mg/100 mL de zinc proporcionan un mejor crecimiento de los lactantes varones alimentados con ellas, que los alimentados mediante fórmulas con 0,18 mg/100 mL de zinc (35).

Teniendo en cuenta esto, la RDA del zinc recomendada es de 5 mg/día para los lactantes alimentados con biberón (4).

Sin embargo, el informe de la OMS/FAO/IAEA establece diferentes requerimientos con respecto a la dieta suministrada al lactante. Proporciona diferentes valores en función de la biodisponibilidad de la fuente nutricional, bien sea leche materna (alta biodisponibilidad), lactancia mixta o fórmulas infantiles lácteas (moderada biodisponibilidad), y fórmulas infantiles de origen vegetal (baja biodisponibilidad). Inclusive establece niveles de ingesta diferentes para niños y niñas de 0-3 meses de edad. La tabla 2 contiene los requerimientos estimados descritos (8).

c) Cobre

Los lactantes alimentados mediante lactancia materna tienen frecuentemente un balance negativo de cobre durante las primeras semanas de vida. Sin embargo, las reservas hepáticas, acumuladas durante el desarrollo fetal, satisfacen las necesidades del lactante a término. Su concentración en el hígado de los recién nacidos es más de 10 veces superior a la del hígado adulto, representando más de la mitad del cobre existente en el organismo.

Por ello, la ingesta más baja, aportada tanto por la leche materna como por las fórmulas infantiles, carece de importancia, ya que se poseen reservas en forma de complejos fácilmente disponibles para suministrar la cantidad óptima necesitada (40). Por dicho motivo, es evidente que el contenido en cobre de la leche humana es la cantidad óptima para los niños nacidos a término durante los primeros meses de vida.

La ingesta diaria en los lactantes, alimentados exclusivamente mediante alimentación natural, es de 230 ± 70 µg durante los primeros cuatro meses de lactancia (41). Valores similares (94-198 µg) se han establecido en un amplio estudio a nivel mundial (9). Estos niveles de ingesta son inferiores a los recomendados por la OMS (17), la RDA (4) y se acercan a los sugeridos por Cordano (42) para los lactantes con reservas deficientes.

La concentración mínima establecida en el Codex Alimentarius para lactantes nacidos a término es de 60 µg/100 Kcal (40 µg/100 mL); sin embargo, por razones tecnológicas (posible oxidación de los ácidos grasos debido a la adición de cobre), la

ESPGAN (43) establece una concentración mínima de 30 µg/100 Kcal (20µg/100 mL), teniendo en cuenta las variaciones en la leche humana.

Nunca se han registrado manifestaciones clínicas de déficit de cobre en lactantes alimentados con fórmulas lácteas no suplementadas. Lactantes prematuros han sido alimentados mediante fórmulas infantiles con 300 µg/100 Kcal de cobre durante un mes sin ninguna evidencia de efectos adversos. El balance de zinc no se afecta cuando se incrementa el cobre desde 140 a 300 µg/100 Kcal (44).

Las especificaciones mínimas de la FDA (45) y de la AAP (33) en las fórmulas infantiles para los lactantes a término es de 60 µg/100 Kcal. Las recomendaciones actuales para niños prematuros son más altas, 100 µg/100 Kcal de cobre, debido a la pobre absorción desde las fórmulas (46).

Hambidge y Krebs (47) recomiendan un máximo nivel especificado para las fórmulas infantiles de 200 µg/100 Kcal (140 µg/100 mL), y solo se deben administrar fórmulas con bajo contenido en cobre cuando el lactante padezca una patología hepática y su mecanismo de excreción biliar esté comprometido.

La ingesta dietética recomendada de este elemento es a partir del tercer mes de edad cuando las reservas disminuyen. Dicha ingesta se establece en 75 µg/Kg día, que se traduce en 0,4-0,6 mg/día y en 0,6-0,7 mg/día para lactantes menores de 6 meses y de 6 a 12 meses de edad, respectivamente (4).

A diferencia de estas recomendaciones, la OMS/FAO/IAEA considera necesario establecer una ingesta dietética de cobre para los lactantes alimentados mediante fórmula infantil durante todo el periodo de lactancia. Estima una ingesta de 0,33-0,55 mg/día para los lactantes de 0-3 meses de edad, 0,37-0,67 mg/día para el periodo 3-6 meses y 0,6 mg/día para lactantes de 6-12 meses de edad (8).

d) Manganeseo

El manganeso en la leche materna está en muy baja concentración y oscila entre 0,4-0,8 µg/100 mL (48). La ingesta diaria media de manganeso de la leche materna durante el primer mes después del nacimiento es tan solo de 2 µg (31) y sobre 2,3-3,6 µg entre los meses uno a tres de edad (49). Dichas ingestas condicionan un balance negativo del elemento entre los días 5 y 8 (46), reflejados por la disminución

en los niveles hísticos en los primeros meses de vida, que parece ser causa de un incremento en la excreción o bien de la interferencia del hierro en la biodisponibilidad (45). Sin embargo, no se han observado casos de deficiencia de manganeso en lactantes alimentados mediante lactancia materna (38).

Puesto que el manganeso no se almacena prenatalmente en el hígado fetal y la leche humana tiene una baja concentración, la alta absorción de este elemento por el neonato hipotéticamente podría causar toxicidad, si las fórmulas contuvieran altas concentraciones en manganeso (38, 49).

Las fórmulas infantiles actuales (lácteas y de soja) tienen niveles de manganeso más altos (5-30 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$) que la leche materna (48). Considerando que la absorción de manganeso desde la leche materna es muy alta, sobre un 90 %, la cantidad absorbida es de 4-7 μg . La biodisponibilidad de las fórmulas infantiles lácteas es similar o un poco más baja, resultando una absorción de 25-45 μg , 3 á 10 veces mayor que la resultante de la alimentación natural.

La amplia variación en el contenido en manganeso de las fórmulas infantiles, con concentraciones en varias fórmulas, 100-1000 veces mayores que la leche humana, sugiere que, a largo plazo, la ingesta de dichas fórmulas podría conducir a signos de toxicidad de manganeso, aunque ningún efecto adverso haya sido publicado hasta ahora (38, 49).

Las fórmulas infantiles provenientes de aislado de proteína de soja contienen niveles de manganeso muy superiores a aquellos de las fórmulas lácteas y, a su vez, de la leche materna. A pesar de su alta concentración, su biodisponibilidad es mucho menor, tan solo son absorbidos entre 3-18 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$.

Por tanto, teniendo en cuenta la baja absorción de las fórmulas infantiles y especialmente las fórmulas de proteína de soja y las fortificadas con hierro (50), las especificaciones de la ESPGAN (43) y de la Food and Drug Administration (45) de 5 $\mu\text{g}/100\text{ Kcal}$ (3,4 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$) parecen totalmente razonables. Sin embargo, algunos estudios han sugerido que es necesaria una cantidad de 8,5 $\mu\text{g}/\text{Kg}\cdot\text{día}$ para restablecer el balance negativo (47), siendo necesario que las fórmulas infantiles proporcionen una ingesta de 10-20 $\mu\text{g}/100\text{ Kcal}$ (6,8-13,6 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$).

La ESPGAN (51), en sus especificaciones para lactantes pretérmino, considera que las fórmulas infantiles no deben poseer un límite inferior por debajo del valor

medio de la leche humana y sitúa un margen de seguridad en la cantidad encontrada en la leche de vaca. Sin embargo, considera que, en el estado actual, no puede establecerse un contenido máximo y que estas recomendaciones deberán ser revisadas.

Hambidge y Krebs (47) y Lonnerdal (52) consideraron unos límites máximos de manganeso en las fórmulas infantiles de 34 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ (50 $\mu\text{g}/100\text{ Kcal}$) y 60 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ (90 $\mu\text{g}/100\text{ Kcal}$), respectivamente. Estudios realizados han señalado que el cerebro de los niños es un centro de retención del manganeso (53), que influye sobre el metabolismo de las catecolaminas en la función cerebral (54). Si se acompaña de un incremento en la absorción de este elemento, debido a una deficiencia de hierro, el problema se potencia. Sin embargo, no hay evidencia que indique efectos adversos en niños por la ingesta oral de manganeso (47). En circunstancias normales, el intervalo entre los requerimientos y los niveles tóxicos es muy amplio, si se considera el alto control homeostático ejercido por la mucosa intestinal y el hígado (47).

Se sabe poco sobre el requerimiento dietético de manganeso en los lactantes. Con la introducción del Beikost, la ingesta aumenta proporcionando de 71 y 80 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en lactantes de 6 y 12 meses de edad, respectivamente.

La RDA de este elemento establece de forma provisional 0,3-0,6 $\text{mg}/\text{día}$ y de 0,6-1 $\mu\text{g}/\text{día}$ para lactantes de referencia menores de 6 meses y desde los 6 meses a un año, respectivamente (4).

A la vista de los nuevos estudios, tal vez pueda ser el momento de reconsiderar el contenido de manganeso en fórmulas infantiles.

e) Selenio

La variación en el contenido de selenio en la leche humana ha sido estudiada por diversos investigadores, habiendo grandes diferencias entre ellos (55-58).

Un estudio de 1975 en Estados Unidos, señala que el contenido de este elemento en la leche materna es de 1,8 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ (1,6-3,3 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$). Posteriores estudios confirman un intervalo medio de 1,5 a 2 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ (59-61).

Debido a que las concentraciones de selenio en la leche materna parece reflejar la dieta materna, la madres escandinavas y neozelandesas dan valores más bajos (56).

Los lactantes norteamericanos alimentados mediante lactancia natural reciben una ingesta de 13 $\mu\text{g}/\text{día}$ y de 15 $\mu\text{g}/\text{día}$ en los dos primeros semestres, respectivamente. Por el contrario, los lactantes escandinavos o neozelandeses tienen una ingesta más baja (4,5 y 6 $\mu\text{g}/\text{día}$, respectivamente) (4).

Aproximadamente el 60 % de los lactantes alimentados mediante leche materna y el 95 % de los lactantes alimentados con fórmulas infantiles, presentan una ingesta menor que el límite mínimo de 10 $\mu\text{g}/\text{día}$ (59).

Litov et al. (62) han encontrado que los niveles de selenio en los niños recién nacidos se mantienen de forma similar si son alimentados con leche materna o con fórmulas infantiles, si estas contienen de 1,3 a 1,5 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ de selenio.

Así mismo, Levander (63) establece indirectamente la ingesta óptima de este elemento y propone que las fórmulas infantiles deberían contener selenio suficiente para proporcionar de 10-45 $\mu\text{g}/\text{día}$ (1,4 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$; 6,3 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$).

Los requerimientos nutricionales de selenio en la infancia se han calculado mediante extrapolación directa de los datos de animales de experimentación, considerando las ingestas de selenio en áreas con o sin deficiencias en este elemento (55), determinando su ingesta en niños sanos con alimentación natural (64), o experimentalmente, basándose en la saturación de la actividad de la glutathion peroxidasa plasmática (55). De acuerdo con esta última estimación los requerimientos de selenio en los 6 primeros meses de vida son de 5 $\mu\text{g}/\text{día}$.

Aun establecido el método de evaluación, no es posible definir con total certeza los requerimientos pediátricos, debido al gran número de aproximaciones indirectas que deben usarse para estimar las necesidades. Recientemente, la Comisión de Nutrición y Alimentación (Food and Nutrition Board, FNB) en 1991, extrapolando los valores recomendados para adultos en función del peso corporal y un factor arbitrario para el crecimiento, estableció el mínimo de selenio requerido en 10 $\mu\text{g}/\text{día}$ para compensar el crecimiento (4, 6).

El mismo criterio de extrapolación desde los requerimientos para adultos ha sido empleado en las recomendaciones de la OMS/FAO/IAEA, que establece una ingesta diaria de 6, 9 y 12 $\text{mg}/\text{día}$ para los lactantes de 0-3 meses, 3-6 meses y 6-12 meses de edad, respectivamente (8).

Por ello, considerando los niveles recomendados de selenio (1,4-6,3 µg/100 mL) que deben proporcionar las fórmulas infantiles y, además, su bajo contenido en este elemento y su menor grado de biodisponibilidad en comparación con la leche materna (6, 59, 65), es necesario establecer y estandarizar el contenido de selenio en las fórmulas infantiles para cubrir los requerimientos nutricionales de todos los lactantes (66).

La ESPGAN (51), en sus pautas sobre nutrición infantil, sugiere que no se adicionen sales de selenio, de forma rutinaria, a las fórmulas para lactantes por su posible toxicidad, aunque sí deben incluirse en las fórmulas para lactantes pretérminos; sin embargo, en base a los conocimientos actuales de toxicidad y al rango de seguridad permitido entre niveles máximo y mínimo (un margen de 4,5 veces), parece oportuno recomendar su introducción en las fórmulas para lactantes (63).

f) Aluminio

La ingesta dietética de aluminio estimada con la leche materna es de 2 µg/día y 3 µg/día en los lactantes de 0-1 mes y de 1-3 mes, respectivamente (67).

Sin embargo, si se calcula a partir de las concentraciones determinadas por otros autores, es algo superior a ésta, 3,75-33,75 µg/día (68).

El contenido de aluminio proporcionado por las fórmulas infantiles ha sido estimado por Dabeka y McKenzie (67), apoyándose en un estudio de ingestas totales de Kirkpatrick et al. (69). Para el cálculo de la ingesta dietética asumen que el lactante es alimentado exclusivamente con un único tipo de fórmula, evitando la combinación con otras y sin considerar el aporte de otros alimentos.

La tabla 5 recoge la ingesta dietética de aluminio estimada para los lactantes alimentados con diferentes tipos de leches o fórmulas infantiles.

La OMS (14) considera unas estimaciones de ingesta máxima admisible de 2 a 6 mg/día para lactantes y niños, cantidad muy superior a la suministrada por la leche materna y las fórmulas infantiles (70).

g) Plomo

La ingesta dietética de plomo ha sido estimada, para lactantes canadienses de hasta 12 meses de edad, en 1,81 $\mu\text{g/Kg-día}$ (13,2 $\mu\text{g/día}$) (71). Dicha estimación incluye los distintos tipos de leches y fórmulas, así como el agua empleada en su preparación.

La tabla 6 presenta la ingesta dietética de plomo en los lactantes alimentados con leches o fórmulas infantiles a lo largo de su periodo de lactancia, desde su nacimiento hasta el primer año de edad.

Las ingestas de plomo proporcionadas con las fórmulas infantiles son bajas (1-2 $\mu\text{g/Kg-día}$), tan solo un poco más altas que las obtenidas en los lactantes alimentados mediante leche materna (71).

El principal factor que afecta, en mayor medida, al contenido de plomo en las fórmulas infantiles es su almacenamiento en latas con soldaduras de plomo (71). Los lactantes canadienses alimentados con este tipo de fórmulas ingieren una cantidad de este elemento 10 veces mayor que los alimentados con leche materna o de vaca (72). La introducción de las latas con soldaduras sin plomo ha reducido significativamente la ingesta dietética de dicho elemento (Tabla 7) (71).

La contribución a la ingesta dietética de plomo del agua utilizada en la preparación de las fórmulas infantiles varía en función del nivel encontrado y el tipo de fórmula usado. La tabla 8 expresa dicha contribución, que puede llegar a ser significativa con respecto a la ingesta aportada a los lactantes con estas fórmulas (72).

La ingesta de plomo de niños canadienses y suecos alimentados con leche materna exclusivamente (sin considerar el consumo de agua del lactante) es de 0,25 $\mu\text{g/Kg-día}$ y 0,3 $\mu\text{g/Kg-día}$ (72), respectivamente; significativamente menor que la proporcionada por el agua utilizada en la dilución de algunas fórmulas (Tabla 8).

Sin embargo, las ingestas suministradas en la actualidad por el agua y las distintas leches consumidas (70) son muy inferiores a los valores de ingesta provisional semanal admisible, que el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en aditivos Alimentarios propone para el plomo en su 30º informe (13) (3,5 $\mu\text{g/Kg día}$).

h) Cadmio

Dabeka (71) ha estimado la ingesta dietética de cadmio en lactantes canadienses de 0-1 años de edad, en un valor medio de 3,5 µg/día (0,44 µg/Kg·día). La tabla 9 da la ingesta dietética estimada para dichos lactantes, empleando diferentes tipos de leches y fórmulas infantiles para su alimentación.

Existe una gran influencia del tipo de fórmula en la ingesta dietética estimada, de forma que los lactantes alimentados con fórmulas de soja ingieren cantidades de 2-3 veces superiores que los alimentados mediante alimentación natural (71, 72).

El bajo contenido de cadmio en el agua corriente (0,044 ng/g) no contribuye significativamente a la ingesta dietética (72).

Tan sólo las fórmulas de soja (70) se aproximan a los valores de ingesta provisional semanal admisible que el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en aditivos Alimentarios propuso para el cadmio en su 33º informe (14) (1 µg/Kg día).

4. Conclusiones.

La leche humana o las fórmulas infantiles son generalmente la única fuente de alimentación para los lactantes durante los primeros meses de vida. En los últimos años existe una tendencia creciente para proporcionar y desarrollar la alimentación natural. No hay duda de que la lactancia es la fuente de nutrientes más adecuada para el recién nacido y que es preferible a cualquier otro tipo de alimentación. Sin embargo, es necesaria una alternativa eficaz a la alimentación natural, siendo imprescindible en aquellos casos en que la madre no pueda proporcionar un suministro adecuado de leche humana al lactante.

Por ello, el estudio de los elementos traza en la leche humana y las fórmulas infantiles toma gran relevancia en el sentido de proporcionar los niveles adecuados que satisfagan el balance nutricional demandado por el neonato.

A pesar de los innumerables esfuerzos realizados por numerosos investigadores para estimar correctamente los valores de ingesta dietética de elementos traza necesarios, hoy en día se plantean serias dudas sobre los niveles aportados de algunos de los oligoelementos estudiados, existiendo cierta discrepancia como

consecuencia de la metodología empleada y los niveles recomendados por diversos organismos nutricionales y pediátricos.

El último informe de la OMS/FAO/IAEA es un fiel reflejo de las dificultades que implica el establecimiento de las recomendaciones de ingesta diaria segura y adecuada de elementos traza. Sin embargo, este estudio abre perspectivas y clarifica algunos aspectos relevantes en cuanto a los valores de ingesta de zinc bajo diferentes condiciones de biodisponibilidad proporcionada por el diferente régimen nutricional del lactante. Ello pone de manifiesto la amplia necesidad de relevantes estudios para caracterizar y estandarizar el contenido y la forma química más adecuada, mediante estudios de especiación (73), con objeto de cubrir las necesidades nutricionales de oligoelementos de todos los lactantes.

Referencias bibliográficas

1. Picciano MF. Trace elements in human milk and infant formulas. En: Trace Elements in Nutrition of Children. Chandra RJ, ed. Raven Press, New York. 1985: 157-74.
2. Villa I, Navarro I y Martín, A. Elementos traza. Hernández M, Sastre A y Entrala A. eds. En: Tratado de Nutrición. Díaz Santos. Madrid. 1999:229-48.
3. Mertz W. General considerations regarding requirements and toxicity of trace elements. En: Trace Elements in Nutrition of Children II. Chandra RJ, ed. Raven Press, New York. 1991: 1-14.
4. NRC. National Research Council. Raciones dietéticas recomendadas. 1ª edición española de la 10ª edición original Ed. Nat Acad Sci, Natl Res Council, Washington, D.C. 1991.
5. Navarro I, Gost JJ y Villa I. Suplementación de las fórmulas infantiles con nuevos elementos traza. Act Ped Esp. 1995; 53: 416-23.
6. NRC. National Research Council, Food and Nutrition Board. Recommended dietary allowances. 10th ed. Washington, DC: National Academy Press. 1989.
7. Gost JJ y Villa I. Presente y futuro de los elementos traza (I). Act Ped Esp. 1993; 51: 227-33.

8. OMS/FAO/IAEA. Organización Mundial de la Salud - Food and Agriculture Organization - International Atomic Energy Agency. Trace elements in human nutrition and health. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. 1996.
9. OMS/OIEA. Organización Mundial de la Salud/Organización Internacional de la Energía Atómica. Elementos menores y oligoelementos en la leche materna. OMS ed. Ginebra. 1989.
10. OMS. Organización Mundial de la Salud. Cantidad y calidad de leche materna. Informe sobre el estudio en colaboración de la OMS acerca de la lactancia materna. OMS ed. Ginebra. 1985.
11. OMS. Organización Mundial de la Salud. Evaluación de ciertos aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos: 26º informe del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios. Serie de Informes Técnicos nº 683. 1982.
12. OMS. Organización Mundial de la Salud. Evaluación de ciertos aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos: 27º informe del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios. Serie de Informes Técnicos nº 696. 1983.
13. OMS. Organización Mundial de la Salud. Evaluación de ciertos aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos: 30º informe del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios. Serie de Informes Técnicos nº 751. 1987.
14. OMS. Organización Mundial de la Salud. Evaluación de ciertos aditivos alimentarios y contaminantes de los alimentos: 33º informe del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios. Serie de Informes Técnicos nº 776. 1989.
15. Navarro I. Oligoelementos en la alimentación infantil. Fórmulas infantiles. Tesis Doctoral. Universidad de Navarra, 1995.
16. OMS. Organización Mundial de la Salud. Los oligoelementos en la nutrición humana: Informe de un Comité de Expertos de la OMS Serie de Informes Técnicos nº 532. 1973.

17. Grossklaus R y Knoechel-Schieffer I. Effect of maternal diet on trace element and mineral composition of breast milk. En: Composition and Physiological Properties of Human Milk. Schaub J., ed. Elsevier Science Publisher, Amsterdam. 1985: 33-46.
18. Navarro I, Martín A y Villa I. Factores que determinan la concentración de elementos traza en leche materna. Act Ped Esp. 1996; 54: 827-32.
19. Vuori E, Makinen SM, Kara R y Kuitunen P. The effects of dietary intakes of copper, iron, manganese and zinc on the trace element content of human milk. Am J Clin Nutr. 1980; 33: 227-31.
20. Saarinen UM y Siimes MA. Iron absorption from breast milk, cow's milk and iron supplemented infant formula: An opportunistic use of changes in total body iron determined by hemoglobin, ferritin and body weight in 132 infants. Pediatr Res. 1979; 13: 143-7.
21. Dahro M, Gunning D y Olson JA. Variations in liver concentrations of iron and vitamin A as a function of age in young American children dying of the sudden infant death syndrome as well as of other causes. Int J Vit Nutr Res. 1983; 53: 13-8.
22. AAP. American Academy of Pediatrics. Committee on Nutrition. Iron supplementation for infants. Pediatrics. 1976; 58: 765-8.
23. Herbert V. Recommended dietary intakes (RDI) of iron in humans. Am J Clin Nutr. 1987; 45: 679-86.
24. Kattamis Ch, Metaxotou-Mavromati A y Paraschopoulou-Prevedouraki P. Iron fortified milks and iron reserves in infancy. Helv Paediatr Acta. 1972; 27: 513.
25. Underwood EJ. Trace Elements in Human and Animal Nutrition. Academic Press, Nueva York and London. 1971.
26. ESPGAN. European Society of Pediatric Gastroenterology and Nutrition. Guidelines on Infant Nutrition II. Recommendations for the composition of follow-up formula and beikost. Acta Paediatr Scand. 1981; suppl. 287.
27. Saarinen UM y Siimes MA. Iron absorption from infant formula and the optimum level of supplementation. Acta Paediat Scand. 1977; 66: 719-22.
28. Dallman PR. Upper limits of iron in infant formulas. J Nutr. 1989; 119: 1852-5.

29. Stekel A. Iron requirements in infancy and childhood. En: Iron nutrition in infancy and childhood. Stekel A, ed. Raven Press. Nueva York. 1984: 1-10.
30. Picciano MF y Guthrie HA. Copper, iron and zinc contents of mature human milk. *Am J Clin Nutr.* 1976; 29: 242-54.
31. Casey CE, Hambidge KM y Neville MC. Studies in human lactation: zinc, copper, manganese and chromium in human milk during the first month of lactation. *Am J Clin Nutr.* 1985; 41: 1193-200.
32. Sandstead HH. Zinc nutrition in the United States. *Am J Clin Nutr.* 1973; 26: 1251-5.
33. AAP. American Academy of Pediatrics. Committee on Nutrition. Commentary on breast feeding and infant formulas, including proposed standards for formula. *Pediatrics.* 1976; 57: 278-85.
34. Lonnerdal B, Celkrlblad A, Davidsson L y Sandstrom B. The effect of individual components of soy formula and cow's milk formula on zinc bioavailability. *Am J Clin Nutr.* 1984; 40: 1064-70.
35. Walravens PA y Hambidge KM. Growth of infants fed a zinc supplemented formula. *Am J Clin Nutr.* 1976; 29: 1114-21.
36. Ziegler EE, Edwards BB, Jensen RJ, Filer LJ y Fomon SJ. Zinc balance studies in normal infants. En: Trace Elements Metabolism in Man and Animals, vol 3. Kirchgessner M, ed. Arbeitskreis für Tierernährungsforschung. Freising-Weihenstephan. 1978: 292-5.
37. Krebs NF y Hambidge KM. Zinc requieriments and zinc intakes of breast fed infants. *Am J Clin Nutr.* 1986; 43: 288-92.
38. Lonnerdal B, Keen CL, Ohtake M y Tamura T. Iron, zinc, copper, and manganese in infant formulas. *Am J Dis Child.* 1983; 137: 433-7.
39. Reinstein NH, Lonnerdal B, Keen CL y Hurley LS. Zinc-copper interactions in the pregnant rat: fetal outcome and maternal and fetal zinc, copper and iron. *J Nutr.* 1984; 114: 1266-79.
40. Widdowson EM. Trace elements in fetal and early postnatal development. *Proc Nutr Soc.* 1974; 33: 275-84.

41. Butte NF, Garza C, Smith EO, Willis C y Nichols BL. Macro and tracemineral intakes of exclusively breast-fed infants. *Am J Clin Nutr.* 1987; 45: 42-8.
42. Cordano A. The role played by copper in the physiopathology and nutrition of the infant and the child. *Ann Nestle.* 1974; 33:1-16.
43. ESPGAN. European Society of Pediatric Gastroenterology and Nutrition. Guidelines on Infant Nutrition I. Recomendations for the composition of an adapted formula. *Acta Paediatr Scand* 1977; suppl. 262: 1-20.
44. Tyralla EE. Zinc and copper balances in preterm infants. *Pediatrics.* 1986; 77: 513-7.
45. FDA. Food and Drug Administration. Rules and regulation. Nutrient requieriments for the infant formulas. *Federal Register.* 1985; 50: 45106-8.
46. Casey CE y Hambidge KM. Trace elements requieriments of preterm infants. Tsang R, ed. Marcel Dekker, Nueva York. 1985: 153-84.
47. Hambidge KM y Krebs NF. Upper limits of zinc, copper and manganese in infant formulas. *J Nutr.* 1989; 119: 1861-4.
48. Lonnerdal B, Keen CL y Hurley LS. Iron, zinc, copper and manganese in milk. *Ann Rev Nutr.* 1981; 1: 149-74.
49. Stasny D, Vogel RS y Picciano MF. Manganese intake and serum manganese concentration of human milk-fed and fommula-fed infants. *Am J Clin Nutr.* 1984; 39: 872-8.
50. Davidsson L, Cederblad A, Lonnerdal B y Sandstrom B. Manganese absorption from human milk, cow's milk and infant formulas. En: *Trace Elements in Man and Animals*, vol 6 Keen CL, Lonnerdal B y Rucker RB, eds. Plenum Press, New York. 1989: 511-2.
51. ESPGAN. European Society of Pediatric Gastroenterology and Nutrition. Committee on Nutrition. Nutrition and feeding of preterm infants. *Acta Paediatr. Scand.* 1987; suppl. 336: 1-14.
52. Lonnerdal B. Trace elements absorption in infants as a foundation to setting uppers limits for trace elements in infant formulas. *J Nutr.* 1989; 119: 1839-45.

53. Keen CL, Bell JG y Lonnerdal B. The effect of age on manganese uptake and retention from milk and infant formulas in rats. *J Nutr.* 1986; 116: 395-402.
54. Alexander P, ed. *Electrolytes and Neuropsychiatric Disorders*. Spectrum Press. New York. 1981.
55. Yang GQ, Zhu LZ, Liu SJ, Gu LZ, Quian PC, Huang JH y Lu MD. Human selenium requirements in China. En: *Selenium in Biology and Medicine*. Combs GF, Spallholz JE, Levander OA y Oldfield JE, eds. Van Nostrand Reinhold, New York. 1987: 589-607.
56. Akesson B, Walivaara R y Jansson J. Selenium content of human milk and its relation to other nutrients. En: *Composition and Physiological Properties of Human Milk*. Schaub J, ed. Elsevier Science Publisher, Amsterdam. 1985: 87-91.
57. Brätter P. Essential trace elements in the nutrition of infants. Nève J., Chappuis P. y Lamand M. , eds. En: *Therapeutic Uses of Trace Elements*. Plenum Press. New York y London. 1996: 59-62.
58. Brätter P, Negretti de Brätter VE, Rösick U y von Stockhausen HB. Selenium in the nutrition of infants: Influence of the maternal selenium status. En: *Trace Elements in Nutrition of Children II*. Chandra RJ. ed. Nestle Nutrition Workshop Series vol. 23. Nestec Ltd. Vevey/Raven Press. New York. 1991: 79-90.
59. Smith AM, Picciano MF y Milner JA. Selenium intakes and status of human milk formula fed infants. *Am J Clin Nutr.* 1982; 35: 521-6.
60. Mannan S y Picciano MF. Influence of maternal selenium status on human milk selenium concentration and glutathione peroxidase activity. *Am J Clin Nutr.* 1987; 46, 95-100.
61. Levander OA, Moser PB y Morris VC. Dietary selenium intake and selenium concentrations of plasma, erythrocytes and breast milk in pregnant and postpartum lactating and nonlactating women. *Am J Clin Nutr.* 1987; 46: 694-8.
62. Litov RE, Sickles VS, Chan GM, Harget IR y Cordano A. Selenium status in term infants fed human milk or infant formula with or without added selenium. *Nutr Res.* 1989; 9: 585-96.
63. Levander OA. Upper limit of selenium in infant formulas. *J Nutr.* 1989; 119: 1869-73.

64. Wharton BA. Vitamin and mineral requirements in infancy: how can they be determined? En: *Vitamins and minerals in pregnancy and lactation*. Berger H, ed. Raven Press, Nueva York. 1988: 29-41.
65. Kumpulainen J, Salmenpera L, Simes MA, Koivistoinen P, Lehto J y Perheentupa J. Formula feeding results in lower selenium status than breast feeding or selenium supplementation formula feeding: a longitudinal study. *Am J Clin Nutr*. 1987; 45: 49-53.
66. Navarro I, Alvarez JI y Villa I. Contenidos de selenio en fórmulas infantiles y estimación de la ingesta dietética de lactantes. *Act Ped Esp*. 2000; 58: 521-8.
67. Dabeka RW y McKenzie AD. Aluminium levels in Canadian infant formulae and estimation of aluminium intakes from formulae by infants 0-3 months old. *Food Additives and Contaminants*. 1990; 7 (2): 275-82.
68. Baxter MJ, Burrell JA, Crews H y Massey RC. Aluminium levels in milk and infant formulae. *Food Additives and Contaminants*. 1991; 8 (5): 653-60.
69. Kirkpatrick DC, Conacher HBS, Meranger JC, Dabeka RW, Collins B, McKenzie AD, Lacroix GMA y Savary G. The trace elements content of Canadian baby foods and estimation of trace elements intake by infants. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*. 1980; 13: 154-161.
70. Navarro I, Villa I y Martín A. Dietary intake of toxic trace elements in infant feeding. Nève J., Chappuis P. y Lamand M. , eds. En: *Therapeutic Uses of Trace Elements*. Plenum Press. New York y London. 1996: 69-77.
71. Dabeka RW. Survey of lead, cadmium, cobalt and nickel infant formulas and evaporated milks and estimation of dietary intakes of the elements by infants 0-12 months old. *Sci Tot Environm*. 1989; 89: 279-89.
72. Dabeka RW y McKenzie AD. Lead and cadmium levels in commercial infant foods and dietary intake by infants 0-1 year old. *Food Additives and Contaminants*. 1988; 5 (3): 333-42.
73. Brätter P, Navarro I, Negretti de Brätter V, Raab A. Speciation as an analytical aid in trace element research in infant nutrition. *Analyst*. 1998; 123 (5): 821-6.

Tabla 1. Intervalos de seguridad y de ingesta dietética diaria adecuada de oligoelementos para lactantes (adaptado de NRC (4)).

Minerales					
Edad (meses)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Yodo (µg)	Selenio (µg)	
0 - 6	6	5	40	10	
6 - 12	10	5	50	15	
Oligoelementos					
Edad (meses)	Cobre (mg)	Manganeso (mg)	Flúor (µg)	Cromo (µg)	Molibdeno (µg)
0 - 6	0,5 - 0,6	0,3 - 0,6	0,1 - 0,5	10 - 40	15 - 30
6 - 12	0,6 - 0,7	0,6 - 1,0	0,2 - 1,0	20 - 60	20 - 40

Tabla 2. Requerimientos basales y normalizados estimados de cobre, iodo, selenio y zinc del Comité de Expertos de la OMS/FAO/IAEA (adaptado de OMS/FAO/IAEA (8)).

Sexo	Edad (meses)	Peso (Kg)	Cobre		Iodo	Selenio		Zinc-baja*		Zinc-moderada*		Zinc-alta*	
			Basal	Norm.		Basal	Norm.	Basal	Norm.	Basal	Norm.	Basal	Norm.
Femenino	0-3	5	-	0,33-0,55 [#]	50	3	6	7,1	-	3,1	-	1,2	-
Masculino	0-3	5	-	0,33-0,55 [#]	50	3	6	8,0	-	3,4	-	1,3	-
Masc. y Fem.	3-6	7	-	0,37-0,62 [#]	50	5	9	4,7	-	1,9	-	0,7	-
Masc. y Fem.	6-12	9	-	0,60	70	6	12	8,0	11,1	3,4	5,6	2,2	3,3

* Recomendaciones de zinc para dietas con baja (15 %), moderada (30-35 %) y alta (50-55 %) biodisponibilidad

[#] Lactantes alimentados con fórmula infantil

Tabla 3. Ingestas diarias de minerales y oligoelementos de niños de tres meses de edad; comparación con las recomendaciones de la OMS (17) y del NRC (4).

Ele- ento	Uni- dad	Ingesta diaria media						Raciones dietéticas recomendadas		Ingesta diaria máxima tolerable FAO/OMS
		Filipinas	Hungría	Nigeria	Guatemala	Suecia	Zaire	OMS	NRC	
As	µg	12	0,18	0,16	1,1	0,44	0,12	-	-	12
Ca	mg	173	193	191	145	188	128	-	360	-
Cd	µg	1,7	< 0,6	< 0,7	2,4	< 0,8	< 0,5	-	-	6,4
Cl	mg	210	207	275	204	321	163	-	275-700	-
Co	µg	0,89	0,15	0,10	0,41	0,22	0,17	-	-	-
Cr	µg	2,2	0,74	0,52	2,8	1,2	0,50	-	10-40	-
Cu	µg	198	167	136	178	149	94	480	500-700	3000
F	µg	75	6,0	9,2	16	14	3,2	-	100-500	-
Fe	µg	460	220	245	336	357	260	-	10000	4800
Hg	µg	1,1	1,0	1,0	1,4	2,7	1,2	-	-	4
I	µg	36	38	43	40	45	7,0	-	40	-
K	mg	300	310	371	263	438	239	-	350-925	-
Mg	mg	19	22	22	19	27	18	40	50	-
Mn	µg	25	2,4	2,7	10	2,6	5,2	-	500-700	-
Mo	µg	10	1,3	0,3	1,7	0,3	0,6	12	30-60	-
Na	mg	82	67	70	56	70	56	-	115-350	-
Ni	µg	10,3	8,2	9,6	7,8	8,8	2,3	-	-	-
P	mg	94	98	91	94	114	72	-	240	-
Pb	µg	11	1,8	10	3,1	13	2,3	-	-	21
Sb	µg	7,0	0,6	1,1	2,6	2,4	1,7	-	-	-
Se	µg	21	12	9,3	16	10,5	9,0	-	10-40	-
Sn	µg	-	1,5	-	-	-	0,6	-	-	12000
V	µg	0,44	0,13	0,07	0,30	0,10	0,13	-	-	-
Zn	mg	1,3	1,7	0,8	1,1	0,6	0,9	3,1	3	6

Tabla 4. Ingestas dietéticas medias (mg/día) de niños alimentados con leche y fórmulas infantiles durante el tercer mes de vida (grupos A y B) (18).

Elemento	NRC (4)	Leche materna		Fórmulas infantiles	
		Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B
Cobre	0,4 - 0,6	0,290	0,271	0,088	0,084
Zinc	5	1,083	0,852	1,329	1,296
Hierro	6	0,301	0,342	3,290	3,216

Tabla 5. Contribución de los distintos tipos de leches y fórmulas infantiles a la ingesta dietética de aluminio en lactantes de 0-3 meses de edad (adaptada de Dabeka y Mckenzie (67)).

Fórmula o Leche humana	Ingesta			
	$\mu\text{g/Kg}\cdot\text{día}$		$\mu\text{g/día}$	
	0-1	1-3	0-1	1-3
Leche humana	0,5	0,6	2	3
Fórmula lista para usar				
Fórmula láctea	19	20	76	114
Fórmula de soja	173	179	686	1031
Fórmula líquida concentrada				
Fórmula láctea	15	15	58	88
Fórmula de soja	73	75	288	434
Fórmula evaporada	4	4	17	26
Fórmula en polvo				
Fórmula láctea	23	23	89	134
Fórmula de soja	85	88	335	505

Tabla 6. Ingesta dietética estimada de plomo ($\mu\text{g/Kg}\cdot\text{día}$) en lactantes de 0-12 meses de edad alimentados con distintos tipos de leches y fórmulas infantiles (adaptada de Dabeka (71), Dabeka y Mckenzie (72)).

Fórmula o Leche humana	Edad (meses)					
	0-1	1-3	3-6	6-9	9-13	0-12
Leche humana	0,5	1,1	1,1	1,3	1,7	1,1
Leche de vaca	0,5	1,1	1,1	1,3	1,7	1,1
Fórmula lista para usar	4,4	5,1	4,8	4,7	4,2	4,6
Lata con soldadura de Pb	5,3	6,1	5,7	5,5	4,8	5,5
Lata sin soldadura de Pb	0,6	1,2	1,1	1,4	1,7	1,2
Fórmula líquida concentrada	2,0	2,7	2,5	2,6	2,6	2,5
Lata con soldadura de Pb	2,3	3,0	2,8	2,9	2,8	2,8
Lata sin soldadura de Pb	1,0	1,7	1,6	1,8	2,0	1,6
Fórmula evaporada	4,7	5,5	5,1	5,0	4,4	5,0
Lata con soldadura de Pb	5,9	6,8	6,3	6,1	5,2	6,0
Lata sin soldadura de Pb	1,0	1,7	1,6	1,8	2,0	1,6
Fórmula en polvo	2,4	3,1	2,9	3,0	2,9	2,9
Fórmula recogida en 1980	2,6	3,4	3,1	3,2	3,1	3,1
Fórmula recogida en 1985	1,4	2,1	1,9	2,1	2,2	1,9

Tabla 7. Diferencia establecida sobre la ingesta dietética de plomo ($\mu\text{g}/\text{Kg}\cdot\text{día}$) en los lactantes de 0-12 meses de edad, según se utilicen latas con o sin soldadura de plomo (adaptada de Dabeka (71)).

Fórmula	Lata sin soldadura Pb	Lata con soldadura Pb
Fórmula lista para usar	1,19	5,49
Fórmula líquida concentrada	1,63	2,78
Fórmula en polvo	1,96	3,09

Tabla 8. Contribución de plomo ($\mu\text{g/Kg}\cdot\text{día}$) por el agua utilizada en la preparación de las distintas fórmulas (adaptada de Dabeka y Mckenzie (72)).

Fórmula	Factor dilución	Edad (meses)					
		0-1	1-3	3-6	6-9	9-13	0-12
Lista para usar	1:0	0,21	0,21	0,25	0,23	0,17	0,22
Líquida concentrada	1:1	0,75	0,77	0,76	0,70	0,52	0,70
En polvo	1:6,5	1,14	1,17	1,14	1,04	0,77	1,05

Tabla 9. Ingesta dietética estimada de cadmio ($\mu\text{g/Kg-día}$) en lactantes de 0-12 meses de edad alimentados con distintos tipos de leches y fórmulas infantiles (adaptada de Dabeka (71), Dabeka y Mckenzie (72)).

Fórmula o Leche humana	Edad (meses)					
	0-1	1-3	3-6	6-9	9-13	0-12
Leche humana	0,16	0,34	0,26	0,35	0,47	0,31
Leche de vaca	0,16	0,34	0,27	0,35	0,47	0,32
Fórmula lista para usar	0,30	0,49	0,40	0,47	0,56	0,44
Fórmula láctea	0,18	0,36	0,28	0,36	0,48	0,33
Fórmula de soja	0,40	0,59	0,49	0,56	0,63	0,53
Fórmula líquida concentrada	0,34	0,53	0,44	0,51	0,59	0,48
Fórmula láctea	0,18	0,36	0,28	0,37	0,48	0,33
Fórmula de soja	0,50	0,69	0,59	0,64	0,69	0,62
Fórmula evaporada	0,16	0,34	0,27	0,35	0,47	0,32
Fórmula en polvo	0,26	0,45	0,37	0,44	0,54	0,41
Fórmula láctea	0,17	0,35	0,27	0,36	0,48	0,33
Fórmula de soja	0,37	0,56	0,47	0,53	0,61	0,51